

GeoBotánica: Aplicación Web para la visualización, análisis y estudio de taxones vegetales.

Caso de estudio Cuenca Media del Tajo

DE PABLO SANZ, Francisco-José; MANSO CALLEJO, Miguel-Ángel; MARTINEZ LABARGA, Juan-Manuel; MORENO REGIDOR, María Pilar

La geobotánica (fitogeografía), rama de la biogeografía, estudia cómo la tectónica de placas y las orogénesis determinan una distribución de tierras, mares y accidentes geográficos, el aislamiento o la conexión de poblaciones, la distribución espacial de las especies y los fenómenos de especialización. La corología, por su parte, se ocupa de la distribución geográfica de cada especie, siendo el clima y el suelo los principales factores que influyen en la misma. Como resumen podemos decir que para la geobotánica es de interés poder obtener y analizar: mapas corológicos, los factores limitantes climáticos y químicos, y la relación con el medio y otras especies.

El objetivo de la aplicación Web desarrollada, basada en estándares OGC para el acceso y visualización de información geográfica, es dotar a los geobotánicos de una herramienta sencilla y accesible en Web, que ayude en los procesos de estudio y análisis de la distribución de especies vegetales en el territorio y sus condicionantes.

La aplicación, desarrollada a partir de los datos del inventario botánico del profesor Martínez Labarga de la cuenca media del Tajo, permite realizar estudios y análisis geobotánicos, apoyándose en la confección de mapas corológicos y la correlación de la distribución de cada especie con las magnitudes climáticas de temperatura o precipitación y las características de los suelos sobre los que aparece. Esta aplicación dispone de una arquitectura de 3 capas (almacenes de datos, servicios y clientes) y ha sido desarrollada con tecnologías OpenSource (PostGIS, Geoserver, Apache httpd, OpenLayers, GeoExt, php) y consume datos propios publicados mediante estándares OGC (WMS y WFS) y capas de la IDE tanto de suelos (litológico, geológico, topográfico, ortoimágenes) como climáticos (precipitaciones y temperaturas -CREAF).

El desarrollo de la aplicación y la prueba de concepto han permitido identificar algunos problemas de rendimiento a la hora de realizar consultas al Atlas Climático de la Península Ibérica y se ha propuesto una solución basada en el cacheado de datos consultados en tiempo de ejecución.

PALABRAS CLAVE

Geobotánica, Visor, OGC, Taxones, Vegetación, Climatología, Cuadrículas, Cuencas, Tajo, Jarama, Bajo Manzanares.

INTRODUCCIÓN

La biogeografía, estudia la distribución de los seres vivos en el planeta tierra, los procesos que han determinado esa distribución a lo largo del tiempo, su situación presente y posible evolución futura. Dentro de la biogeografía, la geobotánica (o fitogeografía) es la rama que se ocupa de las especies vegetales, con enfoques tomados de la biología y de la geografía, mientras que la Corología lo hace de la distribución geográfica de cada especie. La biogeografía y la geobotánica estudian cómo la tectónica de placas y las orogénesis resultantes determinan una distribución de tierras, mares y accidentes geográficos, el aislamiento o la conexión de poblaciones, la distribución espacial de las especies y los fenómenos de especialización. Los mapas de distribución geográfica de una especie (corología), son resultados habituales de los estudios geobotánicos, a partir de inventarios y de la exploración del territorio. Más allá de conocer dónde se localiza una especie, la geobotánica estudia los factores condicionantes de la misma. La distribución de una determinada especie vegetal, su presencia en un determinado lugar o la imposibilidad de que se produzca depende de numerosos factores que abordan disciplinas completas.

El concepto de valencia ecológica [1] de una especie expresa el comportamiento de la misma (presencia, crecimiento, reproducción, etc.) en relación con la variación de la intensidad de un determinado factor, como por ejemplo, la radiación solar. Los extremos, por exceso o defecto, se pueden convertir en limitantes para la especie y definen un rango de tolerancia, de forma que existe un intervalo central en el que las condiciones de desarrollo son óptimas. Así, una especie de baja tolerancia a las variaciones de un factor ambiental, es estenoica respecto del mismo y, en caso contrario, eurioica. Dentro del amplio espectro de condicionantes que influyen en la distribución de una especie, cabe destacar dos: El Clima [2] y el suelo.

El clima. Esto es, las condiciones de temperatura, precipitación, radiación y viento, estacionales y diarias de una región y sus variaciones, ejercen una gran influencia en la distribución espacial de los seres vivos, especialmente sus valores extremos. Así, en términos de frío y calor, hay especies que admiten variaciones amplias de la temperatura (diaria, mensual, estacional o anual) y otras muy estrechas, indicando su capacidad de adaptación a fenómenos como el cambio climático y proporciona pistas sobre del área de distribución potencial. Lo mismo se puede decir de las precipitaciones.

Por ejemplo: para las termófilas es de vital importancia la temperatura media del mes más frío, ya que las heladas y su recurrencia son un factor limitante para las mismas. Para otras especies, como las propias de las frías montañas del interior, de clima acusado y extremadamente continental, es la temperatura media del mes más cálido su factor más limitante y señala sus límites vitales. Se asocia, por la relación altitud-clima, con el límite altitudinal inferior de una especie en una latitud dada.

Resulta de interés, por tanto, conocer datos climáticos del área en la que se desenvuelve una especie y cobran sentido los denominados **parámetros bioclimáticos**. Estos, son un conjunto de factores derivados de las magnitudes de temperatura y precipitación que definen las características climáticas para las que biológicamente está adaptada cada especie. Existe un amplio abanico de ellos como, por ejemplo, la temperatura media anual, media máxima del mes más cálido, mínima media del mes más frío, pluviometría anual, mínima y máxima mensual, del trimestre más cálido, frío, seco o húmedo, etc. Sus valores medios asociados a las localizaciones específicas conocidas de una especie, suponen una aproximación a los teóricamente óptimos para la misma, mientras que sus extremos lo serán de sus valores límite. Esta información y su análisis son útiles para determinar el carácter más estenoico o eurioico de la especie en cuestión o para determinar su potencial distribución en otras áreas. En condiciones normales, son éstos parámetros climáticos los más importantes de cara a definir la distribución de una especie, las agrupaciones de especies (ecosistema), o cadenas de agrupaciones cada vez más complejas que se denomina sucesión vegetal.

El suelo. Partiendo de la roca desnuda, conforme actúan los seres vivos y el clima, se va generando un suelo progresivamente más profundo y complejo. El número de especies que pueden vivir en él irá aumentando hasta un punto, en el que la formación vegetal no puede evolucionar más ni derivar en otra (clímax). La clímax, básicamente, está determinada por el clima local y constituye lo que se denomina vegetación zonal o potencial. Sin embargo, cuando se producen perturbaciones naturales o artificiales que alteren el suelo, como incendios y talas, o que lo destruyan, como la actividad del hombre roturando la vegetación, cobra vital importancia la composición química del suelo y la presencia o ausencia de ciertos cationes o minerales. Así, distintos suelos suelen dar lugar a una misma clímax, pero las etapas y las especies de las fases iniciales de la sucesión vegetal difieren mucho en función de cuestiones como la naturaleza ácida o básica del sustrato, la presencia de calcio, etc.

También existen zonas, con ciertos tipos de suelos, en las que por razones topográficas o químicas aparecen limitaciones a las que se deben adaptar las especies vegetales. Como consecuencia de ello, aparece la que se denomina vegetación azonal, con especies especialistas que aparecen allí donde existen los factores a los que se han especializado. Existe una amplia variedad de denominaciones para la vegetación especialista, como la halófila, propia suelos salinos, gipsófila, adaptada al yeso, silicícola, que prefiere suelos silíceos, calcifugas, incapaces de tolerar el calcio, o casmofítica, propia de roquedos, y cuyas raíces crecen en el material de relleno de las grietas del sustrato.

Como puede verse es interesante poder determinar el carácter de una especie en relación al suelo en el que puede desarrollarse, su carácter generalista o especializado así como si le afecta la reacción ácida o básica de los suelos. De esta introducción se puede concluir que para la geobotánica es vital e importante poder obtener, combinar y analizar: mapas corológicos, los factores limitantes climáticos y químicos, así como la relación con el medio y otras especies.

Con estas premisas se ha planteado el objetivo de desarrollar una aplicación Web [16], basada en estándares OGC para el acceso y visualización de información geográfica (GeoVisor, GeoViewer, GeoBrowser, Web-GIS) [3, 4], que dote a los geobotánicos de una herramienta sencilla, que no precise instalar aplicaciones en un ordenador, que funcione en todos los sistemas operativos y que ayude en los procesos de estudio y análisis de la distribución de las especies vegetales en el territorio y sus condicionantes. La prueba de concepto en el piloto completamente funcional se ha desarrollado con los datos del inventario botánico del profesor Martínez Labarga de la Cuenca Media del Tajo [5].

El resto del documento se estructura del siguiente modo: a continuación se presenta la revisión de las herramientas disponibles en la Web, la identificación de las necesidades y los objetivos que marcan los requisitos de desarrollo, seguido de la descripción de la arquitectura de la aplicación desarrollada y sus interfaces; se finaliza con un conjunto de reflexiones, las conclusiones y la bibliografía.

ANTECEDENTES: REVISIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DISPONIBLES

Anthos [6]: Es una aplicación desarrollada para mostrar información sobre la biodiversidad de las plantas de España en Internet. Permite buscar hasta 3 especies simultáneamente y superponer sobre una cuadrícula, ya sea de 1 km² o de 100 km², la distribución de la especie con divisiones administrativas, cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN), cartografía ambiental (precipitación y temperatura media anual, mapas de vegetación cultivos, geológicos y zonas protegidas además de un conjunto de fondos cartográficos (imágenes de satélite, ortofotos y modelos digitales del terreno- MDT).

SIVIM [7]: Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica. Dispone de información referenciada de 145.672 inventarios fitosociológicos y 2.440.152 citas de plantas a fecha de marzo de 2013. Permite obtener de ellas: el área de distribución (mapa) de un sintaxón, los sintaxones o inventarios de una o más (máximo 6) cuadrículas UTM, de una o más localidades y de uno o más taxones, taxones (y su frecuencia) presentes en un sintaxón, así como la bibliografía de un sintaxón.

Geranium Taxonomic Information System [8], del Real Jardín Botánico (CSIC). Permite buscar especies del género Geranium y regiones geográficas que finalmente se superponen en un mapa de Google.

GBIF España (datos de biodiversidad en abierto) [9]. Permite acceder a múltiples colecciones en las que se registran especies actuales, observaciones, evidencias desconocidas, especies vivas y fósiles. La visualización individualizada y conjunta de los tipos, el fondo cartográfico con el tiempo como tercera dimensión, es una de las principales diferencias del visor que proporciona el proyecto.

B-VegAna [10], es un sistema integrado orientado al almacenamiento, gestión y análisis de datos ecológicos (vegetación y biodiversidad). Consta de varios programas que pueden ser ejecutados independientemente: Fagus, Quercus, Ginkgo, Yucca, Zamia, Taxus, Webherb, Wisteria WMS, Welwitschia y Araucaria. Las siete primeras permiten que un usuario gestione datos sobre biodiversidad mediante una interfaz moderna y utilizando formatos unificados, las tres restantes ofrecen servicios Web. Tras nueve años de desarrollo, se han convertido en unas herramientas sólidas con el valor añadido de interactuar con grandes bases de datos. Las aplicaciones son compatibles con los datos disponibles en el Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña (BDBC), SIVIM, Anthos y GBIF España.

EDIT Platform for Cybertaxonomy [11] Dispone de un buscador que permite tanto georreferenciar especímenes como mostrar los puntos de los taxones localizados en las búsquedas en un visor de mapas, si bien la componente geoespacial de esta herramienta parece antigua.

GeoVeg [12] es un visor de mapas del grupo de geobotánica de la Universidad de Barcelona. El visor muestra según la escala un conjunto de capas de información.

EFDAC: European Forest Data Center [13]: dispone de un visor de mapas integrado con herramientas de consulta de: informes de la conferencia ministerial de protección de los bosques en Europa (MCPFE), patrones, condiciones y sostenibilidad de las especies. Los resultados son capas de mapas superpuestas.

Atlas de La Flora de los Pirineos [14]: dispone de un buscador de especies y un visor de mapas sobre el que mostrar los resultados de distribución a escala de cuadrícula de 1 y 100 km², el número de citas por cuadrícula y su dimensión temporal con simbología de color. Incluye gráficos de presencia por altitudes. Permite consultar las especies presentes por cuadrícula de 1 km² y 10 km² por selección en el visor mediante un conmutador.

National Biodiversity Data Centre Mapping System, Ireland [15], ofrece un sistema de búsqueda y consulta de especies por distintos criterios (nombre científico y común, especies invasoras, protegidas...), obteniendo un breve resumen de su nomenclatura científica, imagen y citas por escala de cuadrícula y dimensión temporal. Permite visualizar la distribución espacial sobre mapas, seleccionando las capas por temáticas, niveles de zoom y filtrar los datos por dimensión temporal. Permite conocer las colecciones de datos y autoridades de las que provienen los datos presentados y la descarga de informes en formato Excel de las especies presentes a diferentes escalas de subdivisión del territorio.

Como resumen de los antecedentes se presenta la tabla 1 que sintetiza las capacidades y prestaciones de las herramientas Web analizadas.

		Anthos	SIVIM	Geranium Taxonomic Information System	GBIF Spain	European Forest Data Center	Atlas de La Flora de los Pirineos	National Biodiversity Data Centre
Identificación de especies.	Nomenclatura científica.							
	Nombres comunes.							
Consultas.	Especies por cuadrícula.							
	Listado citas/colecciones.							
	Descarga de citas.							
Visor de mapas.	Selección dinámica de capas.							
	Gestión de transparencia de capa.							
	Escala de zoom.							
	Capa de distribución de especies.							
	Filtrado de datos por escala temporal.							
Relaciones distribución / espacio geográfico/ climatología /suelos.	Correlación distribución/altitud.							
	Correlación distribución/altitud.							
	Correlación distribución/pendiente.							
	Correlación distribución/orientación.							
	Correlación distribución/tipo de suelo.							
	Límites climático superior e inferior.							
	Parámetros bioclimáticos.							

Tabla 1: Comparativa de capacidades de las aplicaciones web analizadas

Tras analizar las aplicaciones existentes se ha detectado como principal carencia la capacidad para cruzar datos climáticos y de suelos con la corología asociada a una especie.

En este trabajo se muestra la solución propuesta que trata de dar respuesta a estas necesidades definiendo como requisitos para la aplicación a desarrollar los siguientes:

- Generar mapas corológicos dinámicos (distribución de especies) adaptados a las necesidades de estudio, combinando capas de información geográfica diversa.
- Permitir la consulta directa de los datos de inventario de campo tanto de forma individual como del conjunto de un taxón vegetal.
- Proporcionar información relevante relativa a la corología de una especie y sus condicionantes principales: temperatura, precipitación y suelo.

Para alcanzar estos objetivos se plantea el despliegue de una infraestructura cuya arquitectura se presenta en la siguiente sección.

ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN IMPLEMENTADA

Se propone una arquitectura cliente-servidor en tres capas (ver figura 1) que hace uso de seis componentes de código abierto, cada uno con su papel funcional particular:

- Almacenamiento de datos: BBDD Postgres con extensión espacial PostGIS.
- Servidor web: Apache http 2.4 e intérprete de Scripts en lenguaje PHP.
- Servidor de mapas y datos geográficos (GeoServer 2.2).
- Cache de mapas (GeoWebCache).
- Interfaz de desarrollo de usuario (GeoExt / ExtJS 3.4).
- Interfaz de desarrollo de componentes de mapas (OpenLayers v2.12).

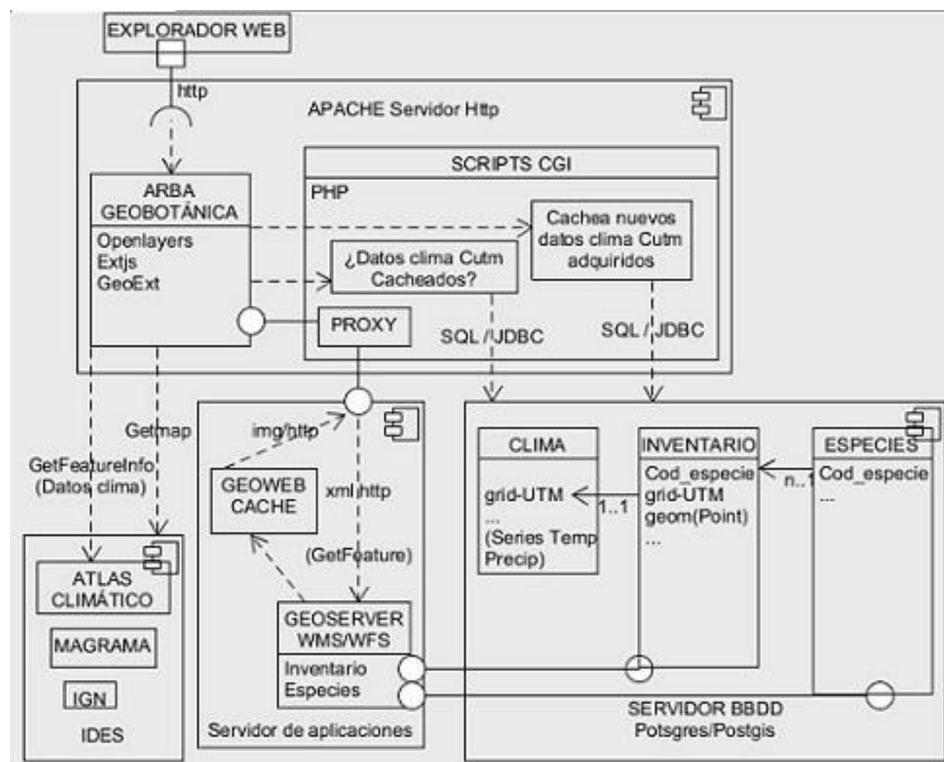


Figura 1: Diagrama de componentes y relaciones de la solución implementada

FUNCIONALIDADES:

Confección de cartografía específica adaptada para su visualización mediante la superposición selectiva de capas de diversas temáticas, con variación de la transparencia y escala.

Visualización de mapas corológicos de especies seleccionadas a dos niveles de agrupación, cuadrículas UTM de 1 km² y de 100 km², representadas en capas vectoriales para cada nivel.

Consulta de información relevante diversa:

- Para las cuadrículas de 100 km² proporciona la intensidad absoluta de presencia (número de cuadrículas de 1 km² de presencia observada) y la abundancia relativa de una especie, mediante información alfanumérica y simbolización por grados de color.
- Información espacial (coordenadas UTM, geográficas y cuadrícula).
- Datos de inventario de campo en cada cuadrícula de 1 km² de presencia observada de una especie, mediante el despliegue de ventanas emergentes (*pop-up*) en pantalla.
- Listado del conjunto de datos de inventario de campo para una especie determinada, ordenados por provincias, municipio y cuadrícula UTM.
- Presentación tabular de datos calculados de parámetros bioclimáticos medios, tanto térmicos como pluviométricos, asociados a la nube de distribución propia de una especie.
- Disponibilidad de distintos gráficos para el estudio de los factores limitantes climáticos y de tipo suelo como condicionantes de la distribución de una especie.
- Gráficos de precipitación y temperatura mínima, media y máxima de las cuadrículas que presentan los límites superior e inferior de cada factor y su identificación.
- Gráfico de sectores de los tipos de suelos asociados a la distribución de la especie de estudio.

CARACTERÍSTICAS:

- Incluye capas WMS del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama), Instituto Geológico y Minero (IGME) y del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Departamento de Geografía de la UAB).
- 28 capas de información geográfica para combinar: 11 Capas base (Mapa forestal, ortofotos del PNOA, mapa topográfico nacional, etc.), 10 temáticas (usos del suelo, temperaturas mínimas...) y 7 geométricas (hidrografía, Unidades administrativas, malla UTM, etc.).
- Datos de campo de distribución de especies tomados a escala de cuadrícula de 1 km².
- Datos climáticos de las celdas de distribución espacial obtenidos en tiempo real mediante peticiones *GetFeatureInfo* al servidor del Atlas Climático de la Península Ibérica.
- Cacheado de datos climáticos obtenidos en base de datos, acelerando la adquisición de datos climáticos, evitando la reiteración de peticiones *GetFeatureInfo* al servidor del Atlas Climático, su sobrecarga y los errores en la obtención de datos.
- Publicación en Geoserver de los datos de distribución de especies en una capa con geometrías tipo punto (centroide de cuadrícula de 1 km²) con sus correspondientes atributos de campo, para ser mostrados como resultados de consultas puntuales en el visor (*getFeatureInfo*).

- Publicación en Geoserver de una capa ciega (sin componente espacial, solo alfanumérica) con nombres de especies vegetales en nomenclatura científica y código de identificación, para su consulta y filtrado a través de peticiones *getFeature* en selector de especies.
- Gráficas climáticas y parámetros bioclimáticos de la distribución calculados a partir de los datos térmicos y pluviométricos de los centros de las cuadrículas UTM de 1 km² de presencia de la especie.

Finalmente, se describe la secuencia de operaciones que se ha de realizar en la aplicación web para mostrar los datos climáticos asociados a una determinada especie a partir de los centros de las cuadrículas en las que se ha inventariado, obteniendo los datos térmicos y pluviométricos, con el objetivo de poder mostrar, en forma de gráficas, su distribución temporal y porcentual. En una primera versión de la aplicación se optaba por acceder a dichos datos por cada petición, comprobándose que esta operación podría acelerarse si se almacena una copia de los valores en la base de datos y respondiendo como una caché al cliente como se muestran en la figura 2.

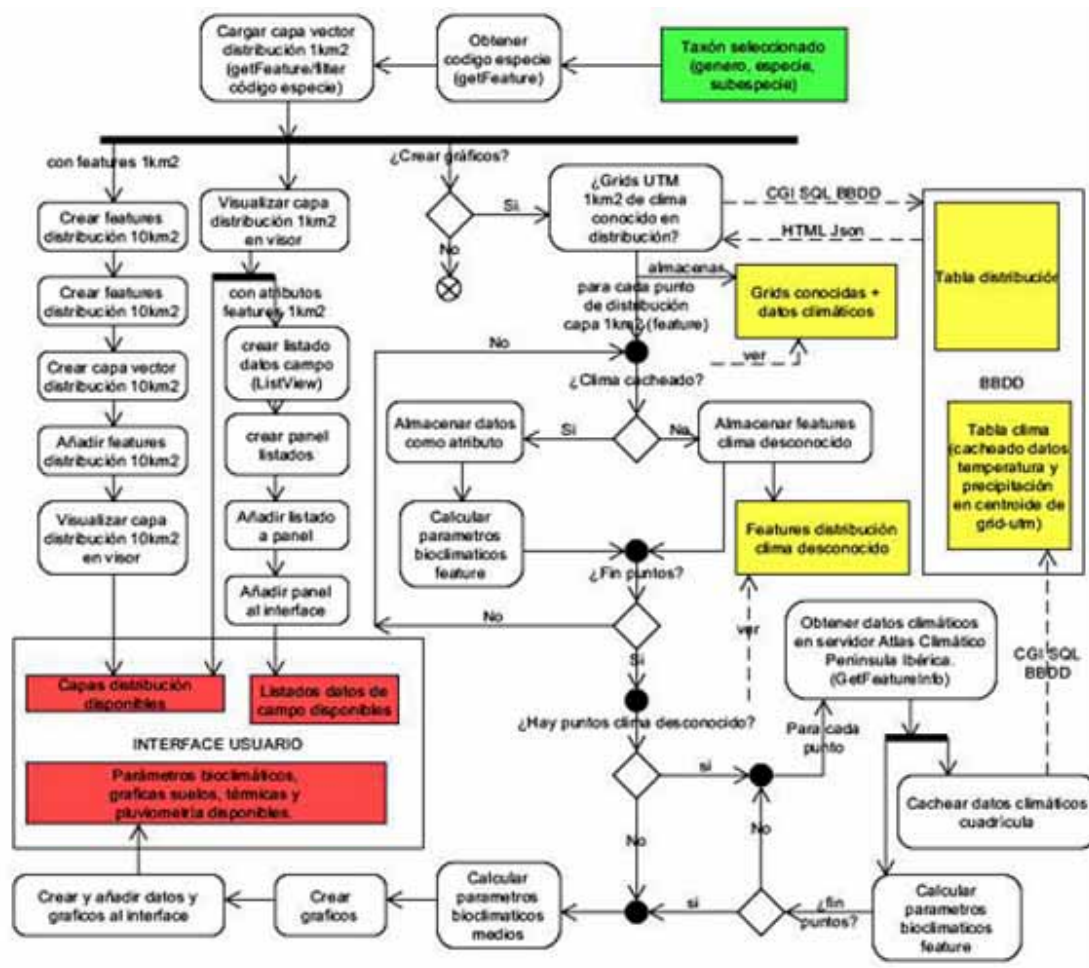


Figura 2: Diagrama de secuencia de las operaciones desencadenadas por el cliente para mostrar información climática.

INTERFAZ DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA

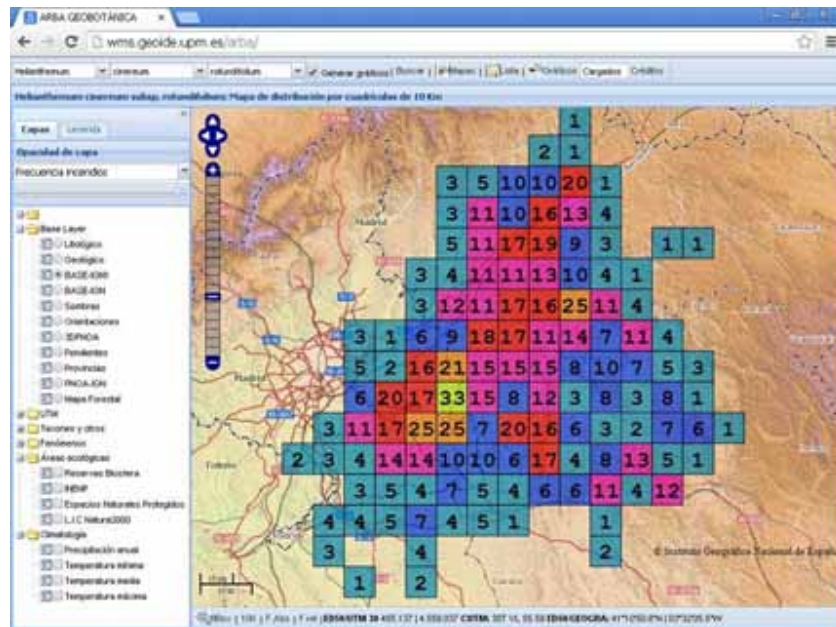


Figura 3. Pantalla principal. Árbol de capas y visor cartográfico, con corología de un taxón a escala grid-utm 10km y número de grids-utm de 1km de presencia observada en la misma.

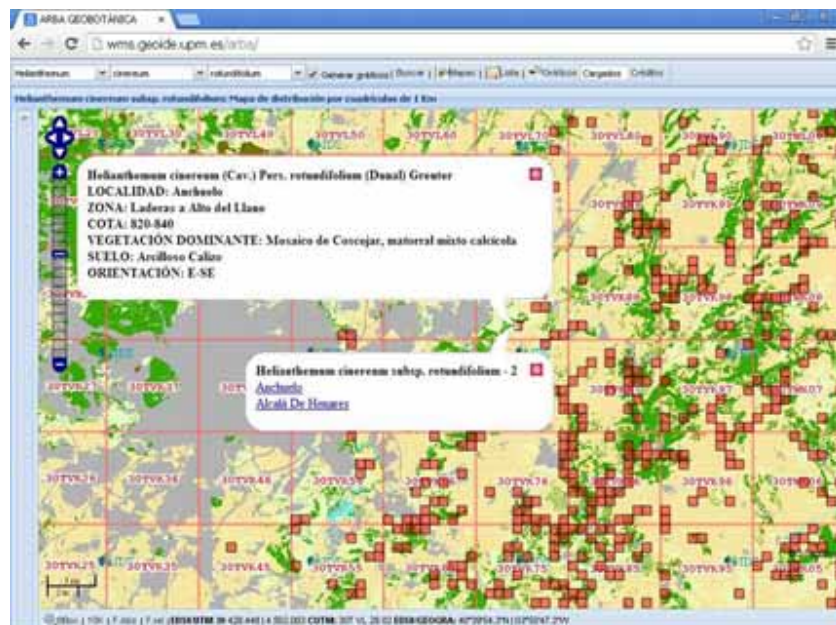


Figura 4. Corología de un taxón a escala de malla UTM de 1 Km, con consulta de datos asociados a cada unidad de observación.



Figura 5. Pantalla de visualización de datos de inventario de un taxón.

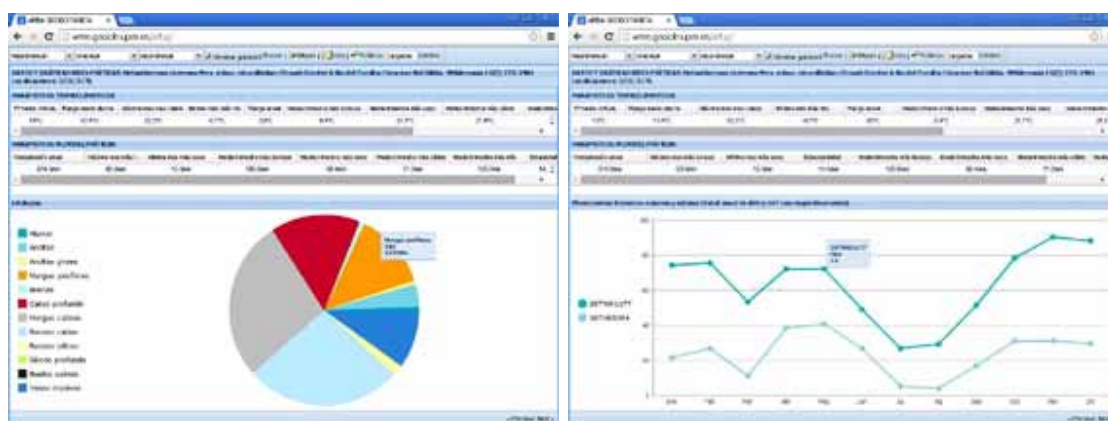


Figura 6 (Izquierda). Pantalla de datos, gráficas Bioclimáticas y suelos; Parámetros termo/pluvio-climáticos medios de un taxón. Distribución porcentual de litologías asociadas a la corología observada.

Figura 7 (Derecha). Pluviometría anual comparada de un taxón en la malla UTM de máxima y mínima pluviosidad e identificación de las mismas.

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

La aplicación Web desarrollada: GeoBotánica, pretende dar respuesta a una necesidad/carencia detectada al analizar las herramientas disponibles y sus capacidades, como se ha presentado en la sección de antecedentes. Aplicaciones bien conocidas como Anthos, dotan a los usuarios de herramientas sencillas de usar para consultar y visualizar datos, sin embargo ninguna de ellas permite realizar un análisis interrelacionado, aunque sea a nivel visual, de las especies y las características climáticas y los tipos de suelos respecto a la corología asociada a la especie.

Desde el punto de vista técnico GeoBotánica es una solución totalmente funcional que da respuesta a un conjunto de requisitos especificados como funcionalidades que se han materializado mediante una arquitectura de servicios estandarizados (OGC / ISO) e interoperables y a un diseño de interacciones, en algunos casos muy complejo, que relacionan componentes informáticos como son los servicios, los intermediarios, los clientes, y la presentación gráfica del usuario.

La prueba de concepto (prototipo) desarrollada con los datos de la Cuenca Media del Tajo, han permitido verificar con datos reales la funcionalidad de la aplicación diseñada y desarrollada. Las figuras mostradas en la anterior sección son simples capturas de pantalla de la aplicación utilizada con los fines propuestos con los datos de la prueba de concepto utilizados.

Desde un punto de vista técnico, la aplicación desarrollada se ha consolidado en dos versiones. En la primera la obtención de los datos climáticos se realizaba bajo demanda y en tiempo real, hecho que hacía la aplicación lenta en tiempo de respuesta al tener que realizar numerosas peticiones de tipo GetFeatureInfo a un servicio WMS y no “cachearse” las respuestas. En la segunda iteración de desarrollo de la aplicación, se dotó a la aplicación intermediaria de capacidad de almacenamiento temporal en la base de datos de la aplicación, haciendo de *cache* de datos y agilizando significativamente el funcionamiento de la aplicación.

Los componentes informáticos utilizados son 100 % libres y la aplicación Web funciona perfectamente en los navegadores Chrome, Firefox y Explorer.

Se desea hacer constar que el presente trabajo es un ejercicio académico: Trabajo Fin de Grado, del primer autor de la comunicación [16], graduado en Ingeniería Geomática y Topografía por la UPM. En la prueba de concepto implementada (<http://wms.geoide.upm.es/arba/>) se han publicado los datos correspondientes a 23 taxones: *Aristolochia pistolochia*, *Bassia prostrata*, *Ceterach officinarum*, *Cistus albidus*, *Clematis vitalba*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus sempervirens*, *Fallopia baldschuanica*, *Ficus carica*, *Helianthemum cinereum subsp rotundifolium*, *Helianthemum squamatum*, *Lavatera triloba*, *Morus alba*, *Pinus pinea*, *Platanus hispanica*, *Plumbago europaea*, *Quercus coccifera*, *Reseda phyteuma*, *Salsola vermiculata*, *Sedum sediforme*, *Telephium imperati*, *Ulmus pumila*, *Vaccaria hispanica*.

Como futuros trabajos o líneas de actuación se proponen:

- Permitir el análisis de grupos parciales de datos por dimensión temporal, delimitación de sectores en pantalla u otros métodos.
- Conocer las áreas sobre las que se ha realizado procesos de inventariado.
- Mejorar las posibilidades de consulta de datos incluyendo el listado de especies observadas por cuadrícula de 1 o 10 km.
- Incluir nuevas gráficas: Correlación con la orografía: altitud, orientación y pendiente.
- Permitir la posibilidad de edición/introducción en línea de nuevas observaciones y especies a través de sistemas transaccionales (WFST).
- Publicar como capas WMS (a partir de las capas ráster proporcionadas por WordClim), los datos térmicos y pluviométricos que en la actualidad se obtienen del Atlas Climático de la Península Ibérica y explotarlos internamente.

REFERENCIAS

- [1] SERRADA, R. 2008. *Apuntes de Silvicultura*. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid
- [2] GUTMAN, G., OHRING, G., JOSHEP J. 1984. Interaction between the Geobotanic State and the

Climate: A Suggested Approach and test with Zonal Model. American Meteorological Society.

- [3] CASTRO, P., RIBEIRO, J., MARTINS, L., ALONSO, J. 2013. Open source browser-based geoviewer to support water resources planning and management. Conference: Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on Lisbon, 19-22 June 2013
- [4] MAGLIOCCHETTI, D. CONTI, G. AMICIS, R. 2012. I-MOVE: towards the use of a mobile 3D GeoBrowser framework for urban mobility decision making. Int J Interact Des Manuf. Vol:6 pp: 205-214
- [5] MARTÍNEZ LABARGA, J.M. 2014. Estudios corológicos de plantas vasculares en la cuenca media del Tajo. Tesis doctoral. E.T.S. de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. U.P.M.
- [6] Enlace web: <http://www.anthos.es>. Proyecto Anthos. Visitado Octubre 2014
- [7] Enlace web: <http://www.sivim.info/sivi/>. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica. Visitado Octubre 2014
- [8] Enlace web: <http://www.geranium.es/PHP/specimens.php>. Sistema de información de la Taxonomía Geranium del Real Jardín Botánico. Visitado Octubre 2014
- [9] Enlace web: <http://www.gbif.org/country/ES/publishing>. GBIF Spain. Visitado Octubre 2014
- [10] Enlace web: <http://biodiver.bio.ub.es/veganaweb/main/?section=.../bvegana/content.jsp>. aplicación B-VegAna. Visitado Octubre 2014
- [11] Enlace web: <http://Cybertaxonomy.eu>. CyberTaxonomy. Visitado Octubre 2014
- [12] Enlace web: http://161.116.68.143/website/Visor_Habitats/viewer.htm. Visor Geobotánica U. Barcelona. Visitado Octubre 2014
- [13] Enlace web: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/efdac/applications/viewer/>. EFDAC. Visitado Octubre 2014
- [14] Enlace web: <http://atlasflorapyrenea.info/florapyrenea>. Atlas flora Pirineos. Visitado Octubre 2014
- [15] Enlace web: <http://maps.biodiversityireland.ie>. NBDCMS Irlanda. Visitado Octubre 2014
- [16] DE PABLO SANZ, F. 2014. Desarrollo de una aplicación basada en tecnologías del Open Geospatial Consortium para la visualización, análisis y estudio de la distribución de taxones vegetales en el ámbito de las cuencas del Jarama y bajo Manzanares Trabajo Fin de Grado UPM

AUTORES

Francisco José de Pablo Sanz
currodepablosanz@yahoo.es

Miguel Ángel Manso Callejo
m.manso@upm.es
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento Ingeniería
Topográfica y Cartografía

Juan Manuel Martínez Labarga
juanmanuel.martinez@upm.es
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Sistemas y
Recursos Naturales

María Pilar Moreno Regidor
mariapilar.moreno@upm.es
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento Ingeniería
Topográfica y Cartografía